

УДК 681.3.06

БОРИСЕНКО А.А., ГОРЯЧЕВ А.Е.

Сумский государственный университет

## МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ОШИБОК В ПЕРЕСТАНОВКАХ

*Исследуются коды на перестановках, позволяющие осуществлять передачу информации с повышенной достоверностью. Предлагаются методы обнаружения ошибок в перестановках, использующие их структурную избыточность. Обнаруженные с помощью этих методов ошибки могут быть исправлены путем переспроса отдельных элементов перестановки, что повышает скорость передачи информации.*

Ключевые слова: перестановки, помехоустойчивое кодирование, обнаружение ошибок, достоверность передачи информации

BORISENKO A.A., GORYACHEV A.E.

Sumy state university

## METHODS OF ERROR DETECTION IN THE PERMUTATIONS

*The codes on permutations, allowing for transmission of information with high reliability, are studied. The methods of detecting errors in permutations, using their structural redundancy are proposed. Errors detected by these methods may be corrected by repeated transmission of individual elements of permutations, which increases the data transmission speed.*

Keywords: permutations, noiseproof coding, error detection, the reliability of the information transmission

### Анализ исследований и постановка задачи

С ростом объемов информации, передаваемой в телекоммуникационных сетях, важной задачей является обеспечение ее высокой помехозащищенности. Одним из подходов к решению такой задачи является применение помехоустойчивых кодов, которые могут обнаруживать ошибки. Обнаружение ошибок всегда проще задачи их исправления, так как в этом случае требуется меньшая избыточность информации, а значит, обеспечивается более высокая скорость передачи сообщений. Правда, потеря скорости передачи происходит в основном вследствие переспроса информации, но в ряде случаев можно подобрать такой режим переспроса, с учетом интенсивности ошибок, что скорость передачи информации в конечном итоге будет выше, чем при применении кодов с исправлением.

Важной особенностью кодов, обнаруживающих ошибки, является также и то, что с их помощью имеется возможность построения достаточно простых кодирующих и декодирующих устройств, которые, как следствие своей простоты, обладают большей надежностью и допускают меньшее число ошибок в своей работе. Они также проще в обслуживании и ремонте.

В настоящее время разработаны помехоустойчивые коды, исправляющие ошибки, которые в той или иной мере удовлетворяют современным требованиям к ним, таким как умеренная избыточность информации и возможность выявления с их помощью большого числа ошибок [1 – 3]. Много из них применяются в сетях передачи данных, в том числе и компьютерных [4 – 6]. Среди кодов с обнаружением ошибок особо выделяются неразделимые коды, в которых отсутствует явное разделение на информационную часть и контролируемую, хотя в неявной форме оно существует [1, 2, 7]. Они плохо приспособлены для исправления ошибок, но зато эффективно могут обнаруживать ошибки с последующим переспросом передаваемой информации. К таким кодам относятся и перестановки [8 – 10].

В данной работе исследуются неразделимые коды на перестановках, с целью передачи на их основе сообщений с повышенной достоверностью в системах телекоммуникации. Эти коды пока что не нашли широкого распространения на практике, так как получение перестановок большой длины требует довольно сложных алгоритмов преобразования, а при малой длине они содержат относительно большую избыточность и поэтому обладают невысокой скоростью передачи информации [9]. В настоящее время предлагается решение этой задачи путем применения факториальной системы счисления, генерирующей факториальные числа, близкие по структуре к перестановкам [10].

Применение перестановок для повышения достоверности передачи данных требует разработки эффективных методов обнаружения ошибок в перестановках, что является задачей данной работы.

### Решение задачи

Для решения поставленной задачи предлагаются следующие методы обнаружения ошибок в перестановках.

1) Метод контрольных сумм для перестановок.

Обнаруживает ошибки после приема перестановки. Для исправления ошибки требуется ее переспрос

[8].

Метод требует, чтобы каждый элемент перестановки кодировался целым числом бит информации (номером), равным округленному в большую сторону логарифму от длины перестановки  $n$ .

Для того чтобы определить ошибку по данному методу в переданной перестановке, необходимо найти целочисленную сумму номеров ее элементов, представленных в двоичном виде, и сравнить с двоичной контрольной суммой. Если сумма двоичных номеров совпадает с двоичной контрольной суммой, то ошибки нет, в противном случае ошибка в перестановке существует. Контрольная сумма номеров элементов любой перестановки длины  $n$  определяется по формуле (1).

$$S = \frac{n \cdot (n-1)}{2} \quad (1)$$

Зависимость суммы номеров элементов перестановок  $S$  от значения  $n$  показана на рис. 1.

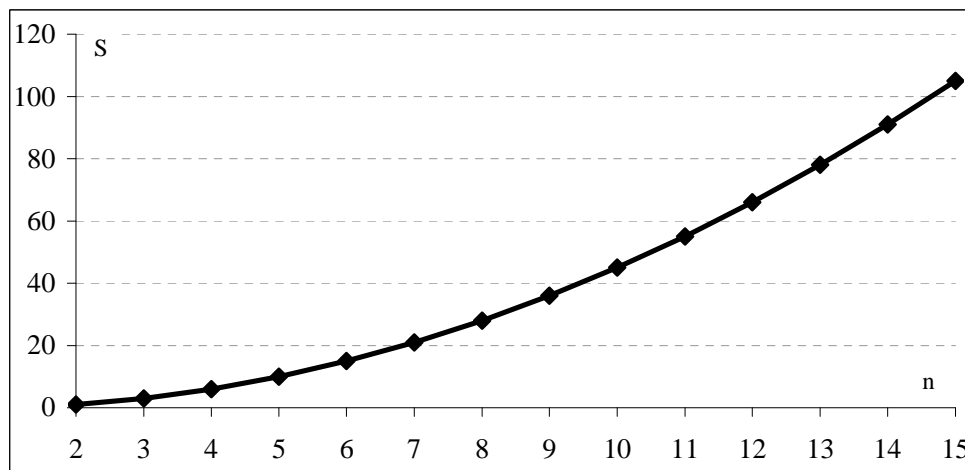


Рис. 1. График зависимости суммы номеров элементов перестановок  $S$  от длины перестановок  $n$

Метод гарантирует обнаружение любой одиночной двоичной ошибки или их пакета длиной равной округленному в большую сторону логарифму от длины перестановки  $n$  при условии полной асимметрии канала связи. Если же канал симметричный, то ошибка может быть пропущена, когда в одном из номеров элементов перестановки произойдет его увеличение на некоторую величину, а в другом его уменьшение на такую же точно величину.

Для своей работы метод требует передачи информации блоками и до конца их передачи работать не может, что является его недостатком, как и всех остальных блочных кодов. От других методов контрольных сумм, которые широко применяются на практике, данный метод выгодно отличается тем, что контрольную сумму не нужно вычислять перед передачей информации и посылать вместе с массивом данных. В результате уменьшается время передачи массива и исключается возможность поражения ошибкой передаваемой контрольной суммы. Кроме того, упрощается реализация конкретных алгоритмов по данному методу, а также кодирующих и декодирующих устройств. При обнаружении ошибки данный метод предполагает повторение массива данных путем переспроса и повторный анализ его на предмет ошибок. Эта процедура при наличии ошибок повторяется несколько раз, и если в их течении каждый раз будет обнаруживаться ошибка, то при достижении заранее определенного количества переспросов канал связи дает сигнал, что он неисправен, и передача информации в нем прекращается, что является стандартной процедурой для сетей связи.

## 2) Метод сравниваемых элементов.

Обнаруживает ошибки в процессе непрерывного контроля и последующего исправления их переспросом только тех элементов, в которых выявлены ошибки [8].

Особенность этого метода состоит в том, что признаком ошибки в нем является наличие двух и более одинаковых элементов в перестановке. Именно эти элементы необходимо вызывать при переспросе, а не все элементы перестановки, как это происходит в методе контрольных сумм. В результате процесс передачи информации ускоряется, если имеется большое количество ошибок и наблюдаются частые переспросы. Особенно важно то, что замена ошибочных элементов перестановки происходит в процессе ее передачи. Для этого каждый передаваемый элемент перестановки сравнивается со всеми уже ранее переданными элементами, и если появляется сигнал ошибки при сравнении принятого элемента с каким-либо предыдущим элементом, то происходит переспрос только этих двух элементов. После их появления на приемном конце процесс передачи перестановки продолжается далее до ее окончания.

Количество операций сравнения элементов перестановки, требуемое для обнаружения ошибки в рассматриваемом методе определяется по формуле (2).

$$Q = 2n + q_0, \quad (2)$$

где  $q_0$  – кратность ошибки в сообщении.

### 3) Метод сквозного контроля перестановок.

Решает задачу обнаружения ошибок введением контроля всех одноименных разрядов элементов перестановок путем сложения их значений по модулю два. Избыточные разряды по каждому столбцу располагаются на месте последнего ( $n - 1$ )-го элемента перестановки. Сам этот элемент исключается из перестановки, так как он является избыточным. Если ошибок в перестановке не обнаружено, то тогда последний элемент находится как разность между заранее известной суммой элементов перестановки и суммой  $n - 1$  переданных ее элементов. Если же ошибки в каких-то столбцах обнаружены, то тогда эти столбцы должны передаваться повторно. После правильной их передачи ( $n - 1$ )-й элемент вычисляется по указанному выше правилу. Таким образом, никакой дополнительной избыточности в исходную перестановку не вводится, что позволяет говорить о предельной скорости передачи информации методом сквозного контроля.

### 4) Метод сравнения с наибольшим элементом.

Позволяет обнаруживать ошибки с переходом элементов перестановки в область запрещенных значений.

Любое запрещенное значение элемента всегда больше наибольшего разрешенного значения. Следовательно, сравнивая все элементы перестановки с этим наибольшим разрешенным значением, можно обнаружить ошибочные запрещенные элементы. Для исправления ошибок, как и в случае метода сравниваемых элементов, необходимо осуществить переспрос только тех элементов, в которых обнаружены ошибки. Переспрос осуществляется в процессе передачи перестановки при появлении сигнала ошибки в том случае, когда значение принятого элемента оказывается больше наибольшего разрешенного значения.

Метод является наиболее эффективным, когда для элементов перестановки существует наибольшее возможное количество переходов в запрещенные элементы, то есть при наибольшей избыточности кода на перестановках. Если такие переходы невозможны, то метод не может быть применен.

## Выводы

Коды на перестановках обладают простыми методами обнаружения ошибок, как одиночных, так и их пакетов. При обнаружении ошибок в перестановках они могут исправляться путем переспроса, как всей перестановки, так и отдельных ее элементов, что значительно уменьшает время переспроса. Основным недостатком кодов на перестановках, сложность получения перестановок большой длины, устраняется с помощью факториальных систем счисления, которые позволяют относительно просто преобразовывать исходные сообщения в перестановки и обратно – перестановки в исходные сообщения.

## Литература

1. Березюк Н.Т. Кодирование информации (двоичные коды) / Н.Т. Березюк, А.Г. Андрущенко, С.С. Мощицкий и др. – Харьков: Вища школа, – 1978. – 252с.
2. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования. / И. В. Кузьмин, В.А. Кедрус – Киев.: Вища школа. Головное изд-во, 1977, – 279 с.
3. Цымбал В. П. Теория информации и кодирования. / В. П. Цымбал – Киев: Вища школа, – 1977. – 288 с.
4. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер – СПб.: Питер, 2001. – 672 с.
5. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. Пер. с англ. / Э. Таненбаум – СПб.: Питер, 2009. – 992 с.
6. Чернега В. Компьютерные сети. Уч. пос. / Чернега В., Платтнер Б. – Изд-во СевНТУ, – 2006. – 500 с.
7. Кулик И.А. Модели процессов перечисления и генерирования кодов-сочетаний для решения сетевых задач. / И.А. Кулик, Е.М. Скордина, С.В. Костель // 22-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – Севастополь, Крым, Украина – 2012. – с. 351 – 352.
8. Горячев А.Е. Обнаружение ошибок в перестановках./ А.Е. Горячев // Вісник СумДУ. Технічні науки. – 2009. – №3. – с.169 – 174.
9. Борисенко А.А. Применение перестановок в телекоммуникационных системах. / А.А. Борисенко, А.Е. Горячев // 22-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – Севастополь, Крым, Украина – 2012. – с. 336 – 337.
10. Borisenko A.A. Generation of Permutations Based Upon Factorial Numbers. / A.A. Borisenko, V.V. Kalashnikov, I.A. Kulik, A.E. Goryachev // Eighth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. – Kaohsiung, Taiwan – 2008. – p. 57 – 61.